

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-133589

(43)Date of publication of application : 09.05.2003

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 2001-324858

(71)Applicant : MITSUBISHI CABLE IND LTD

(22)Date of filing : 23.10.2001

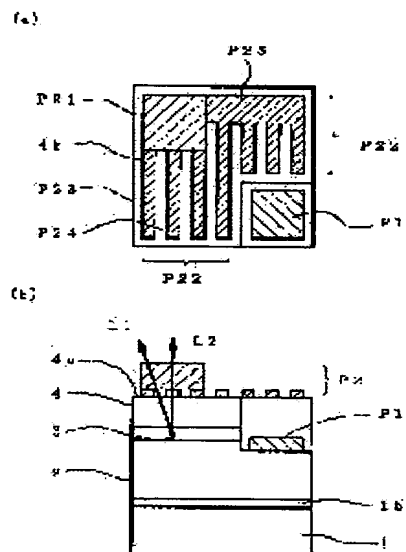
(72)Inventor : TSUNEKAWA TAKASHI
TADATOMO KAZUYUKI
OKAGAWA HIROAKI
OUCHI YOICHIRO

(54) GaN BASED SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DIODE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a GaN based LED provided with an upper electrode capable of passing more light to the outside than a conventional upper electrode.

SOLUTION: The upper electrode P2 is subdivided and formed so as to be provided with light transmissivity. At a subdivided part P22, the electrode is subdivided so as to present a net shape or a branched shape and turned to a part spread on the top surface 4a of an element structure and the top surface is exposed between the subdivided electrodes. As for the degree of subdivision, when the division is performed in a matrix shape with a square whose one side is 50 μ m as a constitution unit, an electrode part and an exposed part are similarly present within each constituting unit and it is preferable that the ratio of an area of the electrode part occupying in each constitution unit is 30%-80%.



- | | | | |
|----|----------------|-----|------|
| 1 | 基板 | P21 | 下部電極 |
| 2 | GaNの成長層 | P22 | 上部電極 |
| 3 | GaNの成長層からなる発光層 | P23 | 電極部分 |
| 4 | P2のGaN成長層 | | |
| 4a | 電極部分の露出面 | | |

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the light emitting diode which has a laminated structure containing the luminous layer which consists of a GaN system semi-conductor. In the maximum top face of said laminated structure One side of the two electrodes of p mold formed in the light emitting diode concerned and n mold is prepared as an up electrode, and this up electrode has a fragmentation part. This fragmentation part They are that an electrode is reticulated or the part which is subdivided so that the letter of branching may be presented, and spreads on said maximum top face. GaN system semi-conductor light emitting diode with which this maximum top face is exposed to inter-electrode [which was subdivided] with light emitting diode, and the electrode of this fragmentation part is characterized by being formed so that it may have translucency to the light emitted from the luminous layer.

[Claim 2] The area of the fragmentation part which consists of an electrode section and an exposed part on the top face of the maximum occupies 30% - 80% on the whole top face of the maximum. This fragmentation part When this is classified in the shape of a matrix along the maximum top face by making one-side the square of 50 micrometers into a configuration unit, GaN system semi-conductor light emitting diode according to claim 1 which is what has the subdivided electrode as each configuration units have an electrode section and the exposed part of each other by the same ratio, and so that the percentage of the area of the electrode section occupied in each configuration unit may be 20% - 80%.

[Claim 3] GaN system semi-conductor light emitting diode according to claim 2 whose above-mentioned configuration units are what has an electrode section and the exposed part of each other by the same arrangement pattern.

[Claim 4] GaN system semi-conductor light emitting diode according to claim 1 to 3 whose fragmentation part is what has the part by which the band-like electrode section with a width of face of 1 micrometer - 10 micrometers and the maximum top face exposed to band-like [with a width of face of 1 micrometer - 40 micrometers] have been arranged by turns.

[Claim 5] GaN system semi-conductor light emitting diode according to claim 1 whose translucency of the electrode of the above-mentioned fragmentation part to the light emitted from the luminous layer is 20% - 80% of permeability.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to GaN system semi-conductor light emitting diode (henceforth "the GaN system LED").

[0002]

[Description of the Prior Art] It is the light emitting diode which can also emit the light of short wavelength which the GaN system LED has at least the luminous layer which consists of a GaN system semi-conductor, and results in blue - an ultraviolet area depending on the presentation of this luminous layer. A GaN system semi-conductor here is a compound semiconductor shown by $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$, $x+y+z=1$).

[0003] As easy component structure of the GaN system LED, as shown in drawing 4 (b) On the crystal substrate 21, a GaN system crystal layer (the n mold GaN contact layer 22, the $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ ($0 < x \leq 1$) luminous layer 23, p mold GaN contact layer 24) is accumulated with crystal growth one by one. The structure where the lower electrode (usually n mold electrode) 25 and the up electrode (usually p mold electrode) 26 were formed in this is illustrated. Here, a crystal substrate is turned down and mounting is carried out, and it explains that light goes away up.

[0004] Since it is prepared in the maximum top face of a laminated structure and is located above a luminous layer 23, the up electrode 26 serves as an obstruction from a luminous layer for the light emitted upwards. Since it is hard to carry out current diffusion and light is especially emitted only directly under an electrode in the case of a GaN system ingredient, the problem that an up electrode becomes the obstruction of luminescence is more remarkable than LED of other ingredient systems. Moreover, if the area of an up electrode is too small, luminescence area will contract and brightness will become low.

[0005] As a mode of the up electrode which can cope with these problems, as shown in drawing 4 (a), the mode which prepares transparent electrode 26a so that the whole maximum top face of a laminated structure may be covered is known. This mode supplies a current, makes it emit light broadly to a luminous layer, and it tends to take out to the external world, without interrupting light with a transparent electrode.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when this invention person etc. examined the mode of the above-mentioned conventional up electrode, it turned out that optimization is not taken into consideration about the amount of the light which may pass current density and an up electrode, but all have the room of the further improvement.

[0007] The technical problem of this invention solves the above-mentioned problem, and is to offer the GaN system LED equipped with the up electrode which may pass more light to the external world rather than the conventional up electrode.

[0008] This invention has the following descriptions.

It is the light emitting diode which has a laminated structure containing the luminous layer which consists of a GaN system semi-conductor. (1) In the maximum top face of said laminated structure One side of the two electrodes of p mold formed in the light emitting diode concerned and n mold is prepared as an up electrode, and this up electrode has a fragmentation part. This fragmentation part They are that an electrode is reticulated or the part which is subdivided so that the letter of branching may be presented, and spreads on said maximum top face. GaN system semi-conductor light emitting diode with which this maximum top face is exposed to inter-electrode [which was subdivided] with light emitting diode, and the electrode of this fragmentation part is characterized by being formed so that it may have translucency to the light emitted from the luminous layer.

[0009] The area of the fragmentation part which consists of an electrode section and an exposed part on the top face of the maximum occupies 30% - 80% on the whole top face of the maximum. (2) This fragmentation part When this is classified in the shape of a matrix along the maximum top face by making one-side the square of 50 micrometers into a configuration unit, each -- a configuration -- a unit -- comrades -- mutual -- being the same -- a ratio -- an electrode section -- exposure -- a part -- having -- as -- and -- each -- a configuration -- a unit -- occupying -- an electrode section -- area -- a rate -- 20 % - 80 % -- it is -- as -- subdividing -- having had -- an electrode -- having -- a thing -- it is -- the above -- (-- one --) -- a publication -- GaN -- a system -- a semi-conductor -- light emitting diode .

[0010] (3) GaN system semi-conductor light emitting diode of the above-mentioned (2) publication whose

above-mentioned configuration units are what has an electrode section and the exposed part of each other by the same arrangement pattern.

[0011] (4) fragmentation — a part — width of face — one — micrometer — ten — micrometer — band-like — an electrode section — width of face — one — micrometer — 40 — micrometer — band-like — having exposed — the maximum — a top face — alternation — arranging — having had — a part — having — a thing — it is — the above — (— one —) — (— three —) — either — a publication — GaN — a system — a semi-conductor — light emitting diode .

[0012] (5) a luminous layer — from — emitting — having had — light — receiving — the above — fragmentation — a part — an electrode — translucency — 20 — % — 80 — % — permeability — it is — the above — (— one —) — a publication — GaN — a system — a semi-conductor — light emitting diode .

[0013]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, easy component structure is mentioned as an example and this invention is explained concretely. Although an up electrode is used as p mold electrode and the structure (structure where both two electrodes are prepared in a top-face side) using an insulating substrate is explained by the following explanation, component structure may not be limited to these, but the upper and lower sides of a conduction type may be reverse, and may be what kind of component structure using the crystal substrate which has conductivity, such as a SiC substrate and a GaN substrate.

[0014] AlaGa1-aN ($0 < a \leq 1$) low-temperature growth buffer layer 1b is minded on silicon on sapphire 1 so that the GaN system LED by this invention may contain the luminous layer which consists of a GaN system semi-conductor, as shown in drawing 1 (b). The n mold AlbGa1-bN ($0 < b \leq 1$) contact layer 2, the In1-xGaN ($0 < x \leq 1$) luminous layer 3, and the p mold AlcGa1-cN ($0 < c \leq 1$) contact layer 4 are accumulated with crystal growth one by one, and have a laminated structure. This laminated structure was removed locally, the n mold AlbGa1-bN contact layer 2 has exposed it in part, the lower electrode (n mold electrode) P1 is formed in the exposed part, and the up electrode (p mold electrode) P2 is formed in maximum top-face 4a of a laminated structure.

[0015] The up electrode 6 has the terminal P21 for bondings for connecting with the exterior, and the fragmentation part P22 which spreads on the whole maximum top face from there, as shown in drawing 1 (a). In the fragmentation part P22, they are that an electrode is reticulated or the arrangement pattern with which the electrode section (drawing 1 (a) P23 and P 25) to which it was subdivided so that the letter of branching might be presented, and it has spread in the whole maximum top-face 4a, and the electrode material has covered the maximum top face, and the exposed part P24 which the maximum top face has exposed between them were together put by adjoining each other mutually. And these electrode sections P23 and P25 are formed so that it may have translucency to the light emitted from the luminous layer. Even if it is [about the maximum top face] the injection of the same power by considering as the above-mentioned configuration compared with a wrap mode fast in a transparent electrode, the light of a higher output can be taken out.

[0016] As described above, unlike LED of other ingredient systems, such as a GaAs system, by the GaN system LED, it is hard to diffuse the current which goes to a luminous layer from an up electrode. Therefore, in a luminous layer, the part corresponding to directly under [where an up electrode material exists / of a part] emits light intensively. The light which high current density [emit / but on the other hand / light / the whole luminous layer surface] is not obtained, and goes to the upper part from a luminous layer since the permeability of a transparent electrode is not 100% cannot fully be taken out with the mode fast covered with the transparent electrode to the external world.

[0017] There is the so-called "Cush form electrode" which formed the electrode material in the pattern which presents Kushigata as one of the modes of an up electrode on the other hand. By the former, the Cush form electrode is used in order to carry out incidence of the light for light-receiving into a component in the field of a photo detector chiefly, and the electrode section is opaque. When such an opaque Cush form electrode is only applied to a GaN system light emitting device, the problem of interrupting luminescence of an electrode to which light is emitted mostly only directly under but an electrode section goes up for the property peculiar to a GaN system ingredient in which a current diffuses only a minute amount as described above arises.

[0018] On the other hand, in this invention, it considers as the electrode pattern which subdivided the up electrode like the Cush form electrode, and light transmission nature is further given to the subdivided electrode itself. By this, first, though strong luminescence is intensively produced in directly under [electrode], as it is shown in drawing 1 (b), the light L2 which goes to right above from a part for a light-emitting part can penetrate an electrode, and can leave it in the external world, and a lost part decreases. next, since a current will be spread even if it is a minute amount, the amount of light-emitting part is carrying out Hami appearance only of the fine smallness to the perimeter from a part not only for directly under [of a comb mold electrode] but this direct lower part. by carrying out this Hami appearance, although the part is separately minute, since it is the pattern extended long and slender as an electrode pattern presents a comb mold, Hami appearance is carried out and the grand total of a part serves as an amount in the whole pattern which can contribute to the increment in luminescence reinforcement. That is, the merit that the gross area of the part which emits light is large compared with the case where the electrode of the same area as a comb mold electrode is centralized on one place is obtained. According to such operation effectiveness, even if it is the injection of the same power compared with the conventional electrode, the light of a higher output can be taken out.

[0019] As shown in drawing 1 (a) other than the field which the terminal for bondings occupies in the maximum top face, and the field of a fragmentation part (electrode section + exposure part), processing SHIRO 4b of minute width of face may exist in the periphery edge on the top face of the maximum as an exposed part. The following explanation explains the field of the terminal for these bondings, and the field of only the fragmentation part except processing SHIRO of a periphery edge.

[0020] It has spread on the maximum top face so that the letter of branching may be presented, and that what is necessary is just in that an electrode is reticulated or the condition that the electrode section and the exposed part adjoined each other, and were put together, the regular and irregular thing [a pattern] in which these are intermingled is mentioned, and the electrode pattern of a fragmentation part serves as the shape of linear [the pattern of an exposed part], rounded, and a dot etc.

[0021] A typical electrode pattern is illustrated next. However, as above-mentioned, an electrode pattern exists innumerable and is not limited to these instantiation. The example of drawing 1 (a) is the Cush form pattern, and the band-like electrode P23 branches from there by making the part P25 of the back of Cush into a trunk, and it has become stripe-like. The example of drawing 2 (a) is a grid-like pattern, and the electrode is presenting the shape of a network. An exposed circular dot-like part will be the pattern arranged in the shape of maximum dense, and if the example of drawing 2 (b) pays its attention to an electrode, it will be a kind of reticulated pattern. By these reticulated patterns, the configuration of an exposed part may be free and you may be the square of arbitration, an ellipse, an anomaly, etc., and the sense and array pattern of an exposed part may be regular, or may be random. A band-like electrode section and a band-like exposed part are the patterns put together by turns, and the example of drawing 2 (c) and drawing 3 (a) can also be said to be a kind of the Cush form pattern, and a kind of a reticulated pattern. In drawing 2 (c), the linear band electrode was refracted, and was put together, and the band electrode is located in a line with concentric circular in drawing 3 (a). The example of drawing 3 (b) is a pattern with which the subdivided electrode branches like [without regularity] a maze. The pattern of these versatility may be a mode in which you may combine freely, for example, an irregular capillary pattern branches from a regular branching pattern like the Cush form.

[0022] The fragmentation part of an up electrode doubles an electrode section and the exposed part pinched by it, and its thing on the top face of the maximum formed 30% to 80% so that 40% - 70% may be occupied more preferably is desirable. This is the last mode which a fragmentation part would concentrate on one place massive, and limits what should be distributed more widely.

[0023] Current density is greatly related to the strength of luminescence by the luminous layer. If current density is low, the rate that the trap of the carrier is carried out to a nonluminescent component will become high, and luminescence reinforcement will become weak. Since the rate by which a trap is carried out to a nonluminescent component will become small and it will be saturated by the amount of trap from a certain value if current density is raised, luminescence reinforcement becomes strong. Current density rises by making small area of each part of the subdivided electrode section (for example, narrowing the bandwidth of an electrode by the Cush form pattern). If current density goes up, internal quantum efficiency will increase and an output will improve. However, the rise of applied voltage required for luminescence sufficient by just making an electrode surface product small without any restriction and the increment in the non-radiating transition rate by the thermal relaxation of raising current density, i.e., the fall of an output, can be considered. The area and the pitch of this point to an electrode section are important.

[0024] On the other hand, even if it subdivides an electrode and forms as a transparent electrode, since a transparent electrode may necessarily pass the light from a luminous layer 100%, in an electrode section, the loss of light produces it. Moreover, in order for the light which emitted light directly under [the] the core as an electrode is a large area to go away in the external world from a nearby exposed part, a big include angle must be accomplished from right above, it must go up aslant, the amount of light reflected in the interior of a component by the interface of the maximum top face and the external world increases, and this serves as a loss. Also from this point, the area and the pitch of an electrode section are important.

[0025] Therefore, internal quantum efficiency is raised more and it recommends limiting further extent of fragmentation of an electrode [in / at this invention / a fragmentation part] without a loss in order to take out in the external world like as the generated light is explained more below. The purpose of this invention is attained more by this at altitude.

[0026] Even if extent of fragmentation of the above-mentioned electrode classifies a fragmentation part in the shape of [which makes a configuration unit one side the square of 50 micrometers] a matrix and it will apply this configuration unit to which location, it is desirable that the electrode is subdivided so that an electrode section and an exposed part may always exist at same rate in each configuration unit. As for one side of the square of said configuration unit, it is more desirable that it is 2 micrometers - 12 micrometers. In the mode which furthermore subdivided the electrode minutely, even if it classifies a configuration unit as one-side a square of 2 micrometers - 4 micrometers and applies this partition to the location of the arbitration of a fragmentation part, it is desirable to consider as the mode subdivided so that an electrode section and an exposed part might always exist in it.

[0027] Moreover, the percentage that the area of the electrode section occupied in each above-mentioned configuration unit is desirable is 20% - 80%, and especially the desirable percentage is 40% - 60% 20% to 60% more preferably.

[0028] The light which internal quantum efficiency was optimized by the convention of these fragmentation,

and emitted light directly under the electrode according to it becomes possible [going away in the external world] from an exposed part at the include angle more near the right above direction, and reflection to the interior of a component in the interface of the maximum top face and the open air is controlled. Moreover, since many pass this and also leave the light which shone upon the transparent electrode in the external world, the GaN system LED concerned seen from the outside shows strong luminescence rather than elegance conventionally to the injection of the same electric energy.

[0029] On the occasion of the partition to the letter of a matrix, the odd partition which does not serve as a square at the periphery part of a fragmentation part may be generated. Moreover, when a singular part like the trunk part P25 exists like the Cush form pattern shown in drawing 1 (a) in addition to the stripe part subdivided uniformly, a convention of the partition to the letter of a matrix shall be applied only about the part subdivided uniformly.

[0030] It does not need to be [that an electrode section and an exposed part should just exist similarly in each configuration units in each configuration unit] the same when a fragmentation part is classified in the shape of a matrix. This is because the ratio of an electrode section and an exposed part may be changed by specific width of face for every configuration unit by irregular pattern like drawing 3 (b). Moreover, since the shape of a basic form of the pattern repeated to the electrode pattern of the shape of maximum dense [like drawing 2 (b)] is an equilateral triangle and a forward hexagon, as a thick continuous line shows to this drawing, from [the shape of a perfect square matrix], it can shift the method of a square partition to [the letter of a matrix according to a maximum dense-like pattern], and should just specify it. Moreover, a fragmentation part may be constituted combining the part subdivided by mutually different unit area.

[0031] By the Cush form pattern shown in drawing 1 (a), and the grid-like pattern shown in drawing 2 (a), the electrode section and the exposed part contain the regular part which it comes to put together regularly. For example, by the Cush form pattern, a band-like electrode section P23 and the band-like band-like exposed part P24 are arranged by turns regularly, and the part of the gear tooth of Cush has become stripe-like. If these regular parts are classified in the shape of a matrix, in each square configuration unit, an electrode section and an exposed part exist by the same arrangement pattern. Since the fragmentation pattern which has such a regular part is the optimal structure for preparing more outcrops (optical takeoff connection), it is desirable, and especially its Cush form pattern is desirable especially.

[0032] According to the convention of the above-mentioned fragmentation, the pattern with which a band-like electrode section and a band-like band-like exposed part are regularly arranged by turns, and have become stripe-like like the Cush form pattern or the pattern of drawing 2 (c) and drawing 3 (a) has a desirable stripe [as / whose width of face of 1 micrometer – 10 micrometers and a band-like exposed part the width of face of a band-like electrode section is 1 micrometer – 40 micrometers]. in this case, one side of the square of a configuration unit — minimum $2(\text{electrode width-of-face } 1 + \text{exposure width of face } 1)$ mum and max — it becomes $50(= \text{electrode width-of-face } 10 + \text{exposure width of face } 40)$ mum grade. It is desirable to choose a numeric value so that the rate of the area of the electrode section occupied in a configuration unit may become 20% – 80% from such width of face. As more desirable range, it considers as a stripe (one side of a square is 2 micrometers – 28 micrometers) with a width of face [of a band-like electrode section / of 1 micrometer – 8 micrometers], and a width of face [of a band-like exposed part] of 1 micrometer – 20 micrometers. Making into 30% – 60% the rate of the area of the electrode section occupied per configuration is mentioned. As further most desirable range Considering as a stripe (one side of a square being 6 micrometers – 12 micrometers) with a width of face [of a band-like electrode section / of 2 micrometers – 4 micrometers] and a width of face [of a band-like exposed part] of 4 micrometers – 8 micrometers, and making into 40% – 60% the rate of the area of the electrode section occupied per configuration is mentioned.

[0033] As described above, the electrode of a fragmentation part is formed so that it may have translucency to the light emitted from the luminous layer. The light emitted from a luminous layer changes with presentations of the GaN system semi-conductor used for a luminous layer, and turns into about 350nm – about 550nm light. As for the translucency of an electrode, it is desirable that the light of such wavelength is 30% – 60% of permeability.

[0034] The electrode which has the above-mentioned translucency may be formed using the formation technique of a well-known transparent electrode. For example, the mode of the two-layer structure which sets thickness to 10nm and 1nm, respectively etc. is mentioned, using aluminum and nickel as an ingredient.

[0035] It is good as various component structures — in the example of drawing 1 , although the laminated structure by the GaN system crystal layer is a three-tiered structure of (n mold contact layer, a barrier layer, and p mold contact layer), it makes a luminous layer multiplex quantum well structure and quantum dot structure. Moreover, the location of a lower electrode may be changed as a crystal substrate using what has conductivity, such as a SiC substrate and a GaN substrate. In addition, about each part other than the up electrode in the GaN system LED concerned, the technique for the crystal growth approach for the structure and the manufacture approach which are used for the well-known GaN systems LED, such as component structure given in the international public presentation official report WO 99/30373 and the manufacture approach of a GaN system crystal, and a GaN system semi-conductor, and dislocation density reduction etc. may be referred to, for example.

[0036]

[Example] What has the component structure (a fragmentation part is the Cush mold pattern) shown in

drawing 1 as an example of the GaN system LED by this invention was manufactured as an example article, and it compared with elegance conventionally. About the example article by this invention, the specification of fragmentation of the Cush form pattern was changed gradually, and the thing within the limits which this invention recommends, and the thing out of range were manufactured. Moreover, about elegance, what has the opaque electrode of the Cush form pattern, and the thing which has a wrap transparent electrode for the whole surface in homogeneity were manufactured conventionally. The example article and the example article of a comparison are the same except [all] the structure of an up electrode.

[0037] [Manufacture of an example article] As component structure was shown in drawing 1 (b), C side silicon on sapphire was used as a crystal substrate 1. This substrate has been arranged in an MOCVD system, the temperature up was carried out to 1100 degrees C under the hydrogen ambient atmosphere, and thermal etching was performed. It changed to nitrogen-gas-atmosphere mind after that, temperature was lowered to 500 degrees C, and trimethylgallium (TMG) and NH₃ grew up sink and GaN low-temperature growth buffer layer 1b as material gas.

[0038] Next, the temperature up of the temperature is carried out to 1000 degrees C, the silane was grown up as a raw material and the sink and the n mold GaN layer 2 with a thickness of 3 micrometers were grown up as TMG, NH₃, and a dopant. Next, TMG, trimethylindium (TMI), and NH₃ grew up the InGa_{0.5}N barrier layer (luminous layer) 3 with a thickness of 0.1 micrometers on the sink and said layer 2 as a raw material. Next, bis (cyclopentadienyl) magnesium (Cp₂Mg) was grown up as a raw material, and the sink and the p mold GaN layer 4 with a thickness of 0.15 micrometers were grown up as TMG, NH₃, and a dopant. The controlled atmosphere was switched to nitrogen after that, it cooled slowly to the room temperature, and the laminating structure was obtained.

[0039] To the obtained laminating structure, dry etching was given partially, the p mold GaN layer 4 and the InGa_{0.5}N barrier layer 3 were removed in part, the n mold GaN layer 2 was exposed, and n mold ohmic electrode P1 which consists of ingredients Ti and aluminum was formed.

[0040] Next, the transparent electrode which has the Cush form pattern as roughly shown in drawing 1 (a) with resist spreading, prebaking (baking), exposure (imprint), development, vacuum evaporation, and the processing procedure of lift off was formed in the maximum top face of the laminating structure.

[0041] The ingredient configuration of this electrode is the light transmission nature electrode of the two-layer structure of a lower layer (1.0nm in Ingredient nickel, thickness), and the upper layer (10.0nm in Ingredient Au, thickness). This light transmission nature was the thing which may make 460nm wavelength light emitted from an InGa_{0.5}N luminous layer penetrate 50%. The width of face of an electrode is [the width of face of 2.0 micrometers and an inter-electrode exposed part of the dimension specification of the stripe part (the gear tooth of Cush is also a part) of the Cush form pattern which is a fragmentation part] 8.0 micrometers.

[0042] After completing component structure according to the above-mentioned process, it divided to one 350mmx350mm chip, and considered as the GaN system LED by this invention. The gross area on the top face of the maximum in 1 chip condition was 2 about 0.12mm, and the area of the fragmentation part except processing SHIRO of the field of the terminal for bondings and a periphery edge was 2 about 0.06mm.

[0043] When the above-mentioned LED chip was mounted on the To-18 stem base and the output was measured, by the wavelength of 460nm, and 20mA, it is 12mW and it turned out that the output in the same current is improving 25% compared with the average output of a light emitting device used as the conventional whole surface transparent electrode.

[0044]

[Effect of the Invention] It became possible as the above-mentioned explanation to offer the GaN system LED which internal quantum efficiency is raised [system] and may pass more light from the maximum top face to the external world from the conventional up electrode by subdividing an up electrode and supposing that it is transparent. Moreover, internal quantum efficiency and the through put of the light in the maximum top face were optimized by limiting extent of fragmentation of an up electrode also in the GaN system LED concerned.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the mimetic diagram showing an example of the structure of the GaN system LED by this invention. In order to distinguish a field, hatching has been performed only to the electrode. Drawing where drawing 1 (a) looked at the component from the side, and drawing 1 (b) are drawings which looked at the component of drawing 1 (a) from the upper part.

[Drawing 2] It is drawing in this invention showing an example of the electrode pattern of a fragmentation part. By a diagram, some patterns are shown.

[Drawing 3] It is drawing in this invention showing other examples of the electrode pattern of a fragmentation part. Some patterns are shown like drawing 2 by a diagram.

[Drawing 4] It is the mimetic diagram showing an example of the structure of the conventional GaN system LED. Drawing where drawing 4 (a) looked at the component from the side, and drawing 4 (b) are drawings which looked at the component of drawing 4 (a) from the upper part.

[Description of Notations]

- 1 Crystal Substrate
- 2 GaN System Crystal Layer of N Mold
- 3 Luminous Layer Which Consists of a GaN System Crystal
- 4 GaN System Crystal Layer of P Mold
- 4a The maximum top face of a laminated structure
- P1 Lower electrode
- P2 Up electrode
- P22 Fragmentation part

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-133589
(P2003-133589A)

(43) 公開日 平成15年5月9日 (2003.5.9)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テームト^{*}(参考)

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

E 5 F 0 4 1

C

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-324858(P2001-324858)

(22) 出願日 平成13年10月23日 (2001.10.23)

(出願人による申告) 「国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成13年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「高効率電光変換化合物半導体開発 (21世紀のあかり計画) エネルギー使用合理化技術開発」委託研究、産業活力再生特別処置法第30条の適用を受けるもの) 」

(71) 出願人 000003263

三菱電線工業株式会社
兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

(72) 発明者 常川 高志

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 只友 一行

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社伊丹製作所内

(74) 代理人 100080791

弁理士 高島 一

最終頁に続く

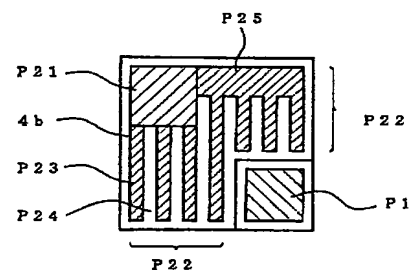
(54) 【発明の名称】 GaN系半導体発光ダイオード

(57) 【要約】

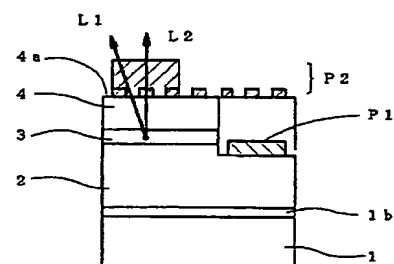
【課題】 従来の上部電極よりも、光をより多く外界へ通過させ得る上部電極を備えたGaN系LEDを提供すること。

【解決手段】 上部電極P2を細分化しかつ透光性を有するように形成する。細分化部分P22では、電極を網状または分岐状を呈するように細分化し、素子構造の最上面4aに広がる部分とし、細分化された電極間には最上面を露出させる。細分化の程度は、これを一辺50 μ mの正方形を構成単位として行列状に区分しても、各構成単位内に電極部分と露出部分とが同様に存在するものとし、各構成単位に占める電極部分の面積の割合は、30%~80%とすることが好ましい。

(a)



(b)



- | | |
|-----------------|-----------|
| 1 結晶基板 | P1 下部電極 |
| 2 n型のGaN系結晶層 | P2 上部電極 |
| 3 GaN系結晶からなる発光層 | P22 細分化部分 |
| 4 p型のGaN系結晶層 | |
| 4a 覆層構造の最上面 | |

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 GaN 系半導体からなる発光層を含む積層構造を有する発光ダイオードであって、

前記積層構造の最上面には、当該発光ダイオードに設けられる p 型、n 型の両電極のうちの一方が上部電極として設けられており、

該上部電極は細分化部分を有し、該細分化部分は、電極が網状または分岐状を呈するように細分化されて前記最上面に広がる部分であって、細分化された電極間には該最上面が露出しており、該細分化部分の電極が、発光層から発せられた光に対して透光性を有するように形成されていることを特徴とする GaN 系半導体発光ダイオード。

【請求項 2】 電極部分と、最上面の露出部分とからなる細分化部分の面積が、最上面全体の 30%～80%を占有しており、

該細分化部分は、これを最上面に沿って一辺 50 μm の正方形を構成単位として行列状に区分したとき、各構成単位同士が互いに同様の比率にて電極部分と露出部分を有するように、かつ、各構成単位に占める電極部分の面積の割合が 20%～80%であるように、細分化された電極を有するものである、請求項 1 記載の GaN 系半導体発光ダイオード。

【請求項 3】 上記構成単位同士が、互いに同様の配置パターンにて電極部分と露出部分とを有するものである、請求項 2 記載の GaN 系半導体発光ダイオード。

【請求項 4】 細分化部分が、幅 1 μm～10 μm の帯状の電極部分と、幅 1 μm～40 μm の帯状に露出した最上面とが交互に配置された部分を有するものである、請求項 1～3 のいずれかに記載の GaN 系半導体発光ダイオード。

【請求項 5】 発光層から発せられた光に対する上記細分化部分の電極の透光性が、20%～80%の透過率である、請求項 1 記載の GaN 系半導体発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、GaN 系半導体発光ダイオード（以下、「GaN 系 LED」ともいう）に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 GaN 系 LED は、GaN 系半導体からなる発光層を少なくとも有し、該発光層の組成によっては青色～紫外域に至る短波長の光をも発することが可能な発光ダイオードである。ここでいう GaN 系半導体とは、 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$, $x+y+z=1$) で示される化合物半導体である。

【0003】 GaN 系 LED の簡単な素子構造としては、図 4 (b) に示すように、結晶基板 21 上に、GaN 系結晶層 (n 型 GaN コンタクト層 22、 In_{1-x}G

a_xN ($0 < x \leq 1$) 発光層 23、p 型 GaN コンタクト層 24) が順次結晶成長によって積み重ねられ、これに下部電極（通常は n 型電極）25、上部電極（通常は p 型電極）26 が設けられた構造が例示される。ここでは、結晶基板を下にして実装がされ、光が上方に出て行くとして説明する。

【0004】 上部電極 26 は、積層構造の最上面に設けられ、発光層 23 の上方に位置するために、発光層から上方へ発せられた光にとっては障害物となる。特に、GaN 系材料の場合、電流拡散が難しく、電極直下でしか発光しないため、上部電極が発光の障害物になるという問題は、他の材料系の LED より顕著である。また、上部電極の面積が小さ過ぎると、発光エリアが縮小し輝度が低くなる。

【0005】 これらの問題に対応し得る上部電極の態様として、図 4 (a) に示すように、積層構造の最上面全体を覆うように透明電極 26a を設ける態様が知られている。この態様は、発光層に対して広範囲に電流を供給し発光させ、透明電極によって、光を遮ることなく外界へ出そうとするものである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、本発明者等が上記従来の上部電極の態様を検討したところ、いずれも電流密度や上部電極を通過し得る光の量に関しては最適化が考慮されておらず、さらなる改善の余地があることがわかった。

【0007】 本発明の課題は、上記問題を解決し、従来の上部電極よりも、光をより多く外界へ通過させ得る上部電極を備えた GaN 系 LED を提供することにある。

【0008】 本発明は以下の特徴を有するものである。

(1) GaN 系半導体からなる発光層を含む積層構造を有する発光ダイオードであって、前記積層構造の最上面には、当該発光ダイオードに設けられる p 型、n 型の両電極のうちの一方が上部電極として設けられており、該上部電極は細分化部分を有し、該細分化部分は、電極が網状または分岐状を呈するように細分化されて前記最上面に広がる部分であって、細分化された電極間には該最上面が露出しており、該細分化部分の電極が、発光層から発せられた光に対して透光性を有するように形成されていることを特徴とする GaN 系半導体発光ダイオード。

【0009】 (2) 電極部分と、最上面の露出部分とからなる細分化部分の面積が、最上面全体の 30%～80%を占有しており、該細分化部分は、これを最上面に沿って一辺 50 μm の正方形を構成単位として行列状に区分したとき、各構成単位同士が互いに同様の比率にて電極部分と露出部分を有するように、かつ、各構成単位に占める電極部分の面積の割合が 20%～80%であるように、細分化された電極を有するものである、上記

(1) 記載の GaN 系半導体発光ダイオード。

【0010】(3) 上記構成単位同士が、互いに同様の配置パターンにて電極部分と露出部分とを有するものである、上記(2)記載のGa_{1-a}N系半導体発光ダイオード。

【0011】(4) 細分化部分が、幅1 μ m~10 μ mの帯状の電極部分と、幅1 μ m~40 μ mの帯状に露出した最上面とが交互に配置された部分を有するものである、上記(1)~(3)のいずれかに記載のGa_{1-a}N系半導体発光ダイオード。

【0012】(5) 発光層から発せられた光に対する上記細分化部分の電極の透光性が、20%~80%の透過率である、上記(1)記載のGa_{1-a}N系半導体発光ダイオード。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、簡単な素子構造を例として挙げ、本発明を具体的に説明する。以下の説明では、上部電極をp型電極とし、絶縁性の基板を用いた構造(両電極が共に上面側に設けられる構造)について説明するが、素子構造はこれらに限定されず、伝導型の上下は逆であってもよく、また、SiC基板やGa_{1-a}N基板など導電性を有する結晶基板を用いた、どのような素子構造であってもよい。

【0014】本発明によるGa_{1-a}N系LEDは、図1

(b)に示すように、Ga_{1-a}N系半導体からなる発光層を含むべく、サファイア基板1上に、Al_aGa_{1-a}N(0 \leq a \leq 1)低温成長バッファ層1bを介して、n型Al_bGa_{1-b}N(0<b \leq 1)コンタクト層2、In_{1-x}Ga_xN(0<x \leq 1)発光層3、p型Al_cGa_{1-c}N(0<c \leq 1)コンタクト層4が順次結晶成長によって積み重ねられて積層構造となっている。該積層構造は局所的に除去されて、n型Al_bGa_{1-b}Nコンタクト層2が一部露出しており、その露出部分に下部電極(n型電極)P1が形成され、積層構造の最上面4aには上部電極(p型電極)P2が設けられている。

【0015】上部電極6は、図1(a)に示すように、外部と接続するためのボンディング用端子P21と、そこから最上面全体に広がる細分化部分P22とを有する。細分化部分P22では、電極が網状または分岐状を呈するように細分化されて、最上面4a全体に広がっており、電極材料が最上面を覆っている電極部分(図1(a)では、P23やP25)と、その間に最上面が露出している露出部分P24とが、互いに隣り合って組み合わせられた配置パターンとなっている。そして、該電極部分P23、P25は、発光層から発せられた光に対して透光性を有するよう形成されている。上記構成とすることによって、最上面を透明電極でべったりと覆う態様と比べて、同じ電力の投入であっても、より高い出力の光を取り出すことができる。

【0016】上記したように、Ga_{1-a}N系LEDでは、GaAs系などの他の材料系のLEDとは異なり、上部電

極から発光層に向かう電流は拡散し難い。そのために、発光層では上部電極材料が存在する部分の直下に対応する部分が集中的に発光する。透明電極でべったりと覆われている態様では、発光層全面が発光可能であるが、その反面、高い電流密度が得られず、また、透明電極の透過率が100%でないために、発光層から上方に向かう光を十分に外界に出すことはできない。

【0017】一方、上部電極の態様の1つとして、電極材料を櫛形を呈するパターンに形成した、所謂「クシ形電極」がある。クシ形電極は、従来では、もっぱら受光素子の分野において受光対象光を素子内に入射させるために用いられており、電極部分是不透明である。そのような不透明なクシ形電極をGa_{1-a}N系発光素子に単に応用した場合、上記したように電流が微量しか拡散しないというGa_{1-a}N系材料特有の性質のために、電極のほぼ直下でしか発光せず、電極部分が上方に向かう発光を遮るといった問題が生じる。

【0018】これに対して本発明では上部電極をクシ形電極のように細分化した電極パターンとし、さらに、その細分化した電極自体に光透過性を持たせている。これによって、先ず、電極直下において集中的に強い発光を生じさせながらも、図1(b)に示すように、発光部分から直上に向かう光L2は、電極を透過し外界に出て行くことができ、ロス分が減少する。次に、たとえ微量であっても電流が拡散するために、発光部分は、くし型電極の直下のみならず、該直下部分から微小だけ周囲にハミ出している。該ハミ出し部分は、個々には微小であるが、電極パターンがくし型を呈するように細長く延伸されたパターンであるために、パターン全体でのハミ出し部分の総計は、発光強度の増加に寄与し得る量となる。即ち、くし型電極と同じ面積の電極を1箇所に集中させた場合と比べて、発光する部分の総面積が広いというメリットが得られる。これらの作用効果によって、従来の電極と比べて、同じ電力の投入であっても、より高い出力の光を取り出すことができるのである。

【0019】最上面には、ボンディング用端子が占有する領域と、細分化部分(電極部分+露出部分)の領域のほかに、図1(a)に示すように、最上面の外周縁に、微小幅の加工シロ4bが露出部分として存在する場合がある。以下の説明では、これらボンディング用端子の領域や、外周縁の加工シロを除いた、細分化部分だけの領域について説明する。

【0020】細分化部分の電極パターンは、電極が網状または分岐状を呈するように最上面に広がっており、電極部分と露出部分とが隣り合い組み合わせられた状態であればよく、パターンは、規則的、不規則的、またはこれらが混在するものが挙げられ、露出部分のパターンは、直線的、曲線的、ドット状などとなる。

【0021】代表的な電極パターンを次に例示する。ただし、上記のとおり電極パターンは無数に存在し、これ

ら例示に限定されるものではない。図 1 (a) の例はクシ形パターンであって、クシの背の部分 P 2 5 を幹線として、そこから帯状の電極 P 2 3 が分岐しストライプ状となっている。図 2 (a) の例は格子状パターンであって、電極が網状を呈している。図 2 (b) の例は、円形ドット状の露出部分が最密状に配列されたパターンであって、電極に着目すれば一種の網状パターンである。これら網状パターンでは、露出部分の形状は自由であって、任意の四角形、楕円、異形等であってもよく、露出部分の向きや配列パターンは規則的であってもランダムであってもよい。図 2 (c)、図 3 (a) の例は、帯状の電極部分と帯状の露出部分とが、交互に組み合わせられたパターンであり、クシ形パターンの一種とも、網状パターンの一種とも言える。図 2 (c) では、直線的な帯状電極が屈折して組み合わせられ、図 3 (a) では、帯状電極が同心円状に並んでいる。図 3 (b) の例は、細分化された電極が規則性無しに迷路のように分岐するパターンである。これら種々のパターンは、自由に組み合わせでよく、例えば、クシ形のような規則的な分岐パターンから、不規則な毛細パターンが分岐する態様であってもよい。

【0022】上部電極の細分化部分は、電極部分とそれに挟まれた露出部分とを合わせて最上面の 30%~80%、より好ましくは 40%~70% を占有するように形成することが好ましい。これは、細分化部分が一箇所に塊状に集中するような態様ではなく、より広く分散すべきことを限定するものである。

【0023】発光層での発光の強弱には、電流密度が大きく関係する。電流密度が低いとキャリアが非発光成分にトラップされる割合が高くなり、発光強度は弱くなる。電流密度を上げていくと非発光成分にトラップされる割合が小さくなり、また、ある値からトラップ分が飽和するので発光強度は強くなる。電流密度は、細分化された電極部分の各部の面積を小さくすること（例えば、クシ形パターンでは、電極の帯幅を狭くすること）で上昇する。電流密度が上がれば、内部量子効率が上がり出力は向上する。ただし、無制限に電極面積を小さくするだけでは、十分な発光に必要な印加電圧の上昇や、電流密度を上げることで熱緩和による非輻射遷移割合の増加、即ち、出力の低下が考えられる。この点から、電極部分の面積とそのピッチは重要である。

【0024】一方、電極を細分化しかつ透明電極として形成しても、透明電極は発光層からの光を 100% 通過させ得るわけではないから、電極部分では光のロスが生じる。また電極が大面積であると、その中心直下で発光した光が最寄の露出部分から外界に出て行くには、直上方向から大きな角度を成して斜めに上昇しなければならず、最上面と外界との界面で素子内部に反射する光の量が増加し、これがロスとなる。この点からも、電極部分の面積とそのピッチは重要である。

【0025】よって、内部量子効率をより高め、かつ、発生した光をよりロス無きように外界に取り出すべく、本発明では、細分化部分における電極の細分化の程度を、以下に説明するとおりさらに限定することを推奨する。これによって、本発明の目的はより高度に達成される。

【0026】上記電極の細分化の程度は、仮に細分化部分を一辺 50 μm の正方形を構成単位とする行列状に区分したとしても、該構成単位をどの位置に当てはめても、各構成単位内には常に電極部分と露出部分とが同様の割合で存在するように、電極が細分化されていることが好ましい。前記構成単位 of 正方形の一辺は、2 μm ~ 12 μm であることがより好ましい。さらに電極を微細に細分化した態様では、構成単位を一辺 2 μm ~ 4 μm の正方形として区分し、この区分を、細分化部分の任意の位置に当てはめても、常にその中に電極部分と露出部分とが存在するように細分化した態様とすることが好ましい。

【0027】また、上記した各構成単位に占める電極部分の面積の好ましい割合は 20%~80% であり、より好ましくは 20%~60%、特に好ましい割合は 40%~60% である。

【0028】これらの細分化の規定によって、内部量子効率は最適化され、かつ、電極直下で発光した光は、より直上方向に近い角度で露出部分から外界に出て行くことが可能となり、最上面と外気との界面での素子内部への反射が抑制される。また、透明電極に当たった光も多くはこれを通過し外界に出て行くので、外部から見た当該 GaN 系 LED は、同じ電力量の投入に対して、従来品よりも強い発光を示すものとなる。

【0029】行列状への区分に際しては、細分化部分の外周部分に、正方形とならない半端な区画が生じてもよい。また、図 1 (a) に示すクシ形パターンのように、一様に細分化されたストライプ部分に加えて幹線部分 P 2 5 のような特異部分が存在する場合には、一様に細分化された部分だけについて行列状への区分の規定を当てはめるものとする。

【0030】細分化部分を行列状に区分したとき、各構成単位内には、電極部分と露出部分とが、各構成単位同士で同様に存在すればよく、同一である必要はない。これは、図 3 (b) のような不規則なパターンでは、各構成単位毎に、電極部分と露出部分との比率は特定の幅で変動する場合もあるからである。また、図 2 (b) のような最密状の電極パターンに対しては、繰り返されるパターンの基本形状は正三角形や正六角形であるから、同図に太い実線で示すように、正方形の区分の仕方を、〔完全な正方向行列状〕から〔最密状のパターンに従った行列状〕へとずらせて規定すればよい。また、細分化部分は、互いに異なる単位面積に細分化された部分を組み合わせて構成してもよい。

【0031】図1(a)に示すクシ形パターンや、図2(a)に示す格子状パターンでは、電極部分と露出部分とが規則的に組み合わされてなる規則的部分を含んでいる。例えば、クシ形パターンでは、クシの歯の部分、帯状の電極部分P23と、帯状の露出部分P24とが規則的に交互に配置されストライプ状となっている。これらの規則的部分を行列状に区分すると、正方形の各構成単位内には、電極部分と露出部分とが同じ配置パターンにて存在する。このような規則的部分を有する細分化パターンは、より多くの露出部（光取り出し部）を設けるのに最適な構造であるために好ましく、なかでも、クシ形パターンが特に好ましい。

【0032】上記の細分化の規定によれば、クシ形パターンや図2(c)、図3(a)のパターンのように、帯状の電極部分と、帯状の露出部分とが規則的に交互に配置されストライプ状となっているパターンは、帯状の電極部分の幅が $1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 、帯状の露出部分の幅が $1\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ であるようなストライプが好ましい。この場合、構成単位の一辺は最小2（電極幅1+露出幅1） μm 、最大50（＝電極幅10+露出幅40） μm 程度となる。これらの幅から、構成単位に占める電極部分の面積の割合が20%～80%となるように数値を選択することが好ましい。より好ましい範囲としては、帯状の電極部分の幅 $1\mu\text{m}\sim 8\mu\text{m}$ 、帯状の露出部分の幅 $1\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ のストライプ（正方形の一辺は $2\mu\text{m}\sim 28\mu\text{m}$ ）とし、構成単位に占める電極部分の面積の割合を30%～60%とすることが挙げられ、さらに最も好ましい範囲としては、帯状の電極部分の幅 $2\mu\text{m}\sim 4\mu\text{m}$ 、帯状の露出部分の幅 $4\mu\text{m}\sim 8\mu\text{m}$ のストライプ（正方形の一辺は $6\mu\text{m}\sim 12\mu\text{m}$ ）とし、構成単位に占める電極部分の面積の割合を40%～60%とすることが挙げられる。

【0033】上記したように、細分化部分の電極は、発光層から発せられた光に対して透光性を有するように形成される。発光層から発せられる光は、発光層に用いるGa_{0.9}N_{0.1}系半導体の組成によって異なり、およそ350nm～550nm程度の光となる。電極の透光性は、これらの波長の光が30%～60%の透過率であることが好ましい。

【0034】上記透光性を有する電極は、公知の透明電極の形成技術を用いて形成してよい。例えば、材料としてAl、Niを用い、厚さをそれぞれ10nm、1nmとする2層構造の態様などが挙げられる。

【0035】図1の例では、Ga_{0.9}N_{0.1}系結晶層による積層構造は、（n型コンタクト層、活性層、p型コンタクト層）の3層構造であるが、発光層を多重の量子井戸構造や量子ドット構造とするなど、種々の素子構造としてよい。また、結晶基板として、SiC基板やGa_{0.9}N_{0.1}基板など導電性を有するものを用いて、下部電極の位置を変更してもよい。その他、当該Ga_{0.9}N_{0.1}系LEDにおける上部

電極以外の各部については、例えば、国際公開公報WO 99/30373に記載の素子構造やGa_{0.9}N_{0.1}系結晶の製造方法など、公知のGa_{0.9}N_{0.1}系LEDに用いられている構造および製造方法、Ga_{0.9}N_{0.1}系半導体のための結晶成長方法、転位密度低減のための手法などを参照してよい。

【0036】

【実施例】本発明によるGa_{0.9}N_{0.1}系LEDの一例として、図1に示す素子構造（細分化部分はクシ型パターン）を有するものを実施例品として製作し、従来品と比較した。本発明による実施例品については、クシ形パターンの細分化の仕様を段階的に変更し、本発明が推奨する範囲内のもの、および範囲外のものを製作した。また、従来品については、クシ形パターンの不透明電極を有するもの、全面を均一に覆う透明電極を有するものを製作した。実施例品と比較例品とは、上部電極の構造以外は全て同様である。

【0037】〔実施例品の製作〕図1(b)に素子構造を示すように、結晶基板1としてC面サファイア基板を用いた。該基板をMOCVD装置内に配置し、水素雰囲気下で1100℃まで昇温し、サーマルエッチングを行った。その後窒素雰囲気中に切り替え、温度を500℃まで下げ、原料ガスとしてトリメチルガリウム(TM_{0.9}G_{0.1})、NH₃を流し、Ga_{0.9}N低温成長バッファ層1bを成長させた。

【0038】次に、温度を1000℃に昇温し、原料としてTM_{0.9}G_{0.1}、NH₃、ドーパントとしてシランを流し、厚さ3μmのn型Ga_{0.9}N層2を成長させた。次に、原料としてTM_{0.9}G_{0.1}、トリメチルインジウム(TMI)、NH₃を流し、前記層2上に、厚さ0.1μmのInGa_{0.9}N活性層(発光層)3を成長させた。次に、原料としてTM_{0.9}G_{0.1}、NH₃、ドーパントとしてビスシクロペンタジエニルマグネシウム(Cp₂Mg)を流し、厚さ0.15μmのp型Ga_{0.9}N層4を成長させた。その後雰囲気ガスを窒素に切り換え室温まで徐冷し、積層構造体を得た。

【0039】得られた積層構造体に対し、部分的にドライエッチングを施し、p型Ga_{0.9}N層4とInGa_{0.9}N活性層3を一部除去し、n型Ga_{0.9}N層2を露出させ、材料Ti、Alからなるn型オーミック電極P1を形成した。

【0040】次に、積層構造体の最上面に、レジスト塗布、プリベーク（ベーキング）、露光（転写）、現像、蒸着、リフトオフの加工手順によって、図1(a)に概略的に示すようなクシ形パターンを有する透明電極を形成した。

【0041】該電極の材料構成は、下層（材料Ni、厚さ1.0nm）、上層（材料Au、厚さ10.0nm）の2層構造の光透過性電極である。この光透過性は、InGa_{0.9}N発光層から発せられる460nm波長光を50%透過させ得るものであった。細分化部分であるクシ形パターンのストライプ部分（クシの歯も部分）の寸法仕様は、電極の幅が2.0μm、電極間の露出部分の幅が

8. $0\mu\text{m}$ である。

【0042】上記プロセスによって素子構造を完成させた後、 $350\text{mm}\times 350\text{mm}$ の1チップへと分断し、本発明によるGaN系LEDとした。1チップ状態での最上面の総面積は約 0.12mm^2 であり、ボンディング用端子の領域、外周縁の加工シロを除いた、細分化部分の面積は、約 0.06mm^2 であった。

【0043】上記LEDチップを、Tοー18ステム台にマウントし、出力を測定したところ、波長 460nm 、 20mA で、 12mW であり、従来の全面透明電極とした発光素子の平均的な出力と比べて、同じ電流での出力が25%向上していることがわかった。

【0044】

【発明の効果】上記説明のとおり、上部電極を細分化し、かつ透明とすることによって、従来の上部電極よりも、内部量子効率を高め、かつ光をより多く最上面から外界へ通過させ得るGaN系LEDを提供することが可能となった。また、当該GaN系LEDのなかでも、上部電極の細分化の程度を限定することによって、内部量子効率と最上面における光の通過量とが最適化された。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるGaN系LEDの構造の一例を示す模式図である。領域を区別するために電極にのみハッ

チングを施している。図1(a)は素子を側方から見た図、図1(b)は、図1(a)の素子を上方から見た図である。

【図2】本発明における、細分化部分の電極パターンの一例を示す図である。図ではパターンの一部分だけを示している。

【図3】本発明における、細分化部分の電極パターンの他の例を示す図である。図2と同様、図ではパターンの一部分だけを示している。

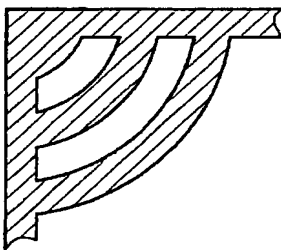
【図4】従来のGaN系LEDの構造の一例を示す模式図である。図4(a)は素子を側方から見た図、図4(b)は、図4(a)の素子を上方から見た図である。

【符号の説明】

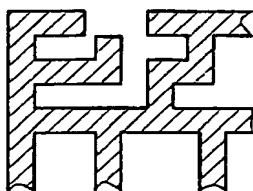
- 1 結晶基板
- 2 n型のGaN系結晶層
- 3 GaN系結晶からなる発光層
- 4 p型のGaN系結晶層
- 4a 積層構造の最上面
- P1 下部電極
- P2 上部電極
- P22 細分化部分

【図3】

(a)

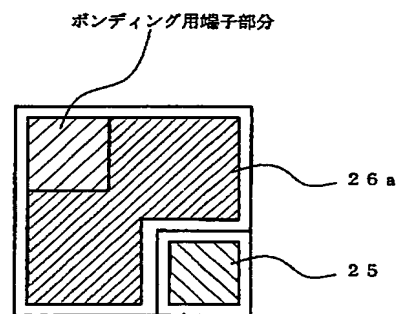


(b)

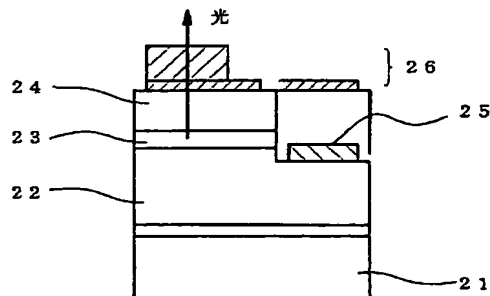


【図4】

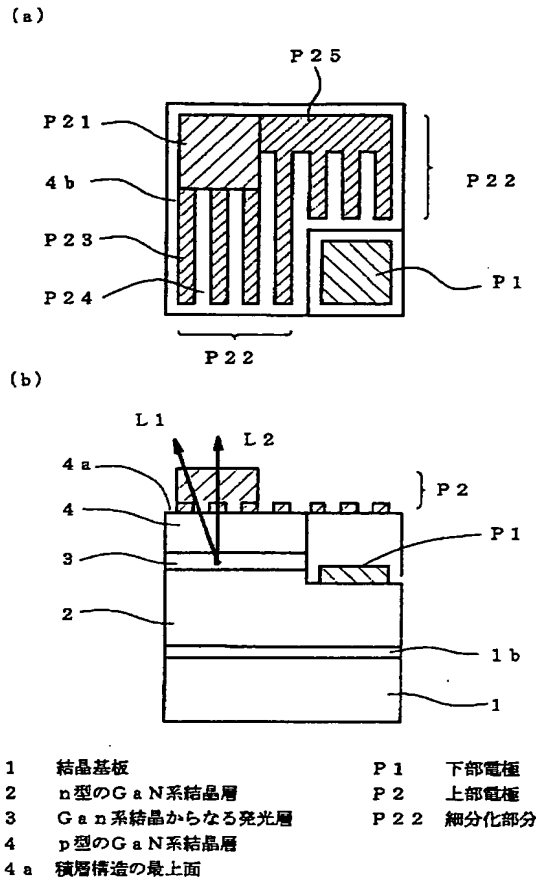
(a)



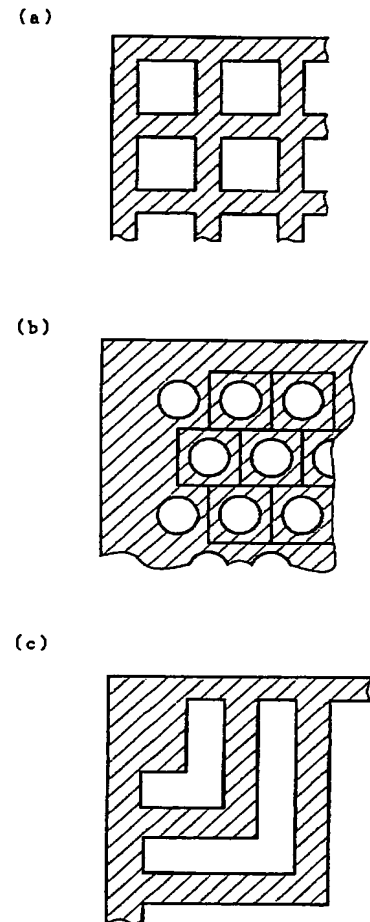
(b)



【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 岡川 広明
兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 大内 洋一郎
兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内
Fターム(参考) 5F041 AA03 AA04 CA40 CA65 CA82
CA88 CA93

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.